中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 48(3): 84～100 (1999)

乙烯與蝴蝶蘭花朵寒害早謝之關係[1]

黃肇家[2] 王自存[3] 黃慧穗[2]

摘要：蝴蝶蘭花朵以7℃貯放7或10日後，於瓶插時會發生早謝之寒害現象。花朵在早謝之前會有明顯之烯生成，本研究在於探討寒害所產生的乙烯對於誘使花朵早謝之關係。用乙烯生成抑制劑氨基氧乙酸(AOA)讓花朵吸收，或於花朵冷藏後滴於蕊柱之孔穴，可抑制花朵乙烯之生成，也能使花朵早謝現象顯著的消減。花朵在冷藏後放於低壓下(0.2大氣壓)瓶插，也同樣的可減緩花朵老化。以乙烯作用抑制劑硫代硫酸銀(STS)於冷藏前預措，或以2.5正茨二烯(NBD)於冷藏後處理，均能有效的改善花朵於冷藏後的早謝現象。這些結果顯示乙烯可能與蝴蝶蘭花朵寒害早謝之現象有很大之關係。短時間外加乙烯處理會促使未寒害之正常蝴蝶蘭花朵快速老化，但是對於寒害之花朵，外加乙烯並不會使其原有之老化速率加快。短時間外加乙烯處理會使正常花朵老化時產生大量的乙烯，但是對於寒害花朵之乙烯生成影響不大。正常花朵經15℃貯藏後，蕊柱ACC含量並無改變，外加乙烯處理之後2日，花朵上蕊柱ACC之含量提高30倍。而寒害花朵於7℃冷藏後ACC含量提高7倍，再經外加乙烯處理只能再提高1.5倍。正常花朵和寒害花朵以ACC處理均會產生高量的乙烯，表示正常花朵和寒害花朵之ACC氧化酵素(ACO)功能並未因寒害所損傷。正常花朵和寒害花朵以STS在貯藏前預措，或以AOA在貯藏後滴於蕊柱處理，均能有效的抑制外加乙烯促使這些花朵產生乙烯以及早謝之作用。綜合這些結果可推測蝴蝶蘭花朵因寒害所引起的早謝和外加乙烯所促進之花朵老化可能由兩個不同之乙烯生成系統所調控；對於正常之花朵，外加乙烯促進花朵老化之作用需要花朵對乙烯具有高敏感性以及對外加乙烯具有誘發自動催化乙烯生成兩個條件；但是對於寒害之花朵，因寒害所產生之少量內生乙烯是促使花朵早謝之主要因素，這種花朵對外加乙烯之敏感性以及外加乙烯誘發自動催化乙烯生成之能力均已因寒害而受到損傷喪失作用。

關鍵詞：蝴蝶蘭、切花、老化、寒害、乙烯。

前　　言

花卉是台灣目前農業發展重要項目之一，花卉外銷對產業之發展有很大之影響。由於台灣臨近日本，花卉以低溫貨櫃海運銷日具有競爭優勢。但是台灣許多重要之花卉例如蝴蝶蘭(1)等，屬於熱帶、亞熱帶原產，對低溫敏感，容易發生寒害。因此，花卉寒害之研究有其重要性。目前世界上切花採後生理之研究以溫帶地區爲多，溫帶切花寒害之問題不大，因此世界上有關切花寒害生理之研究非常少，台灣須自行多加研究。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第 1994 號。本研究爲第一作者博士論文之一部分，本研究部分經費承蒙行政院農業委員會計劃補助(84科技-2.2-糧-53)。

2. 本所副研究員及約僱助理。臺灣省　台中縣　霧峰鄉。

3. 國立臺灣大學園藝系副教授。台北市。

寒害之發生及生理反應在果蔬及一些植物材料上之研究甚多[29]，其中寒害會促使作物產生乙烯被認爲是一項重要且具一般性的生理反應[27]。由寒害所促使作物產生之乙烯，是否與作物所發生之寒害症狀有密切的關係?在蔬菜、水果及一些植物材料之寒害生理研究結果認爲二者間之關係不大。Wang (1987)之報告指出胡瓜幼苗寒害後會產生乙烯，用乙烯生成抑制劑AOA (aminooxy acetic acid)處理可抑制乙烯之生成但不會減輕寒害的症狀[28]。Tong 和 Yang(1987)之研究指出菜豆植株在低溫前後及低溫期間用乙烯作用抑制劑STS (silver thiosulfate)或NBD (2,5-norbornadiene)處理，同樣地對減輕寒害沒有幫助[25]。另外利用外加乙烯之試驗，對有些作物可減輕其寒害症狀，如蜜露香瓜[17]、葡萄柚和甘薯[8]；對有些作物則加重其寒害症狀，如酪梨[9,16]；對有些作物則不發生影響，如番茄[15]。綜合這些報告，作物受到寒害所誘發產生的乙烯被認爲既不是引發寒害症狀之因素，也不會加重寒害之嚴重性，而只是伴隨於寒害發生之一種副產品，和寒害之發生或嚴重性無關[12]。

蝴蝶蘭花朵對低溫很敏感，在12℃放3日即會引起輕微之寒害[2]，在10℃放7日會使切花瓶插壽命縮短[4]。進一步之研究發現蝴蝶蘭花朵在7℃放10日後，會使花朵壽命大爲縮短外，尙會促使乙烯劇升及呼吸率不正常之現象，以及使花朵各部位電解質滲漏明顯的提高[3,6]，這些結果顯示蝴蝶蘭花朵經7℃10日貯藏後已產生明確之寒害現象[24]。乙烯通常會促使對乙烯敏感之花卉加速老化，包括花朵脫落、凋萎及捲瓣[22]，而許多可以抑制乙烯生成或抑制乙烯作用之藥劑，均可以有效地延緩這類切花之老化[23]。乙烯促進花朵老化之作用已有廣泛之研究及證實[7,14]。蝴蝶蘭花朵對乙烯極爲敏感，0.09 ppm即可促進花朵老化[2]。由於受到寒害之蝴蝶蘭花朵在老化之前會產生乙烯[6]，因此這種乙烯是否和由寒害所促使之花朵提早老化有關，是本研究欲探討之目的。

材料與方法

一、材料來源

本研究所使用之材料爲取自臺灣糖業公司埔里大坪頂農場生產之`TS-62’品種大白花蝴蝶蘭，當花莖上有5至6朵小花盛開時採收，立即運回實驗室。試驗時，取中間之3至4朵，從小花梗基部切下，以單朵插於小試管中進行試驗，除了藥劑處理外，均插於去離子水中。除另有註明之外，每處理均爲6朵花，每朵爲一重複。

二、低溫處理及花朵品質調查

插於去離子水中之單朵花朵分別放入15℃(對照組)及7℃(低溫處理組)恆溫庫中，貯藏7日或10日後，瓶插於20℃±1℃恆溫室中，定期調查花朵品質，給予評分。花朵完好和鮮採相似者爲10分，花瓣中心有1/3呈明顯水浸狀老化者爲5分，花瓣大部分呈水浸狀且完全萎軟者爲0分。

三、花朵乙烯生成之測定

花朵於20℃中瓶插期間，定時取出，不插水置於小壓克力罐(體積爲450ml)密封2小時後，抽取1ml氣體，以氣相色層分析儀(gas chromatograph, Shimadzu GC-8AIF， column爲玻璃製，內徑2.6mm、外徑5.0mm、長2.5m，管內充塡Porapak Q 80-100 mesh，載行氣體爲氮氣，檢測器爲FID) 測定罐內之乙烯濃度，換算爲nl/g/hr。花朵測過乙烯後，瓶插回原去離子水中。

四、AOA之處理

(一)瓶插處理

花朵在20℃下插於去離子水中或插於含1、5、10、 25和50mM AOA之水溶液中，預措4小時後移入7℃恆溫庫中，貯放7日後移至20℃。在低溫貯藏及移溫後花朵均插於相同之溶液中，對照組放在15℃，插於去離子水中，定期調查品質，調查方法同前面所述。AOA爲 Sigma公司之產品。

(二)滴AOA於蕊柱處理

花朵經7℃冷藏10日後出庫，立即以去離子水或AOA水溶液以小注射針筒滴於蕊柱上柱頭之孔穴，滴用量以塡滿孔穴爲原則，AOA之濃度分別爲0、5 、25和50mM。當天下午(約7小時後)及瓶插次日上午及下午再做一次同樣處理。對照組放在15℃，只做滴水處理。瓶插時定期調查品質，調查方法同前面所述。

(三)滴AOA於蕊柱處理對花朵乙烯生成之影響

花朵經7℃或15℃貯藏10日後出庫，立即以25mM AOA滴於蕊柱之孔穴，當天下午(約7小時後)再處理一次，次日上午及下午再做一次同樣的處理，花朵乙烯生成之測定方法同前面所述。

五、低壓處理對花朵品質之影響

花朵經7℃或15℃貯藏7日後移到20℃中，置於有二個抽氣孔之大型玻璃缸(內徑25cm寬，內高30cm)內並密封之，缸子連通眞空抽氣機，每隔 3～5分鐘抽氣一次，每次抽氣18～30秒鐘，同時不斷吸入少量經加濕處理之新鮮空氣，眞空度維持於0.21±0.04大氣壓。對照組放於內徑34cm×內高34cm之圓型之壓克力筒內，通入常壓空氣。

六、NBD與STS處理對花朵品質之影響

整枝切花花莖於7℃中冷藏7日，出庫後將各單朵花切下，插於去離子水中，置於大壓克力箱(30×50×70cm)中，密封後注入約0.3ml NBD溶液於懸掛在箱內之濾紙上，任其揮發，使箱內NBD濃度達到500 ppm。NBD爲 Aldrich 化學公司之產品。

STS處理爲切花先以1mM STS預措2小時後，換插於去離子水中放入7℃中冷藏7日，出庫後將各單朵花切下，瓶插於去離子水中。

七、外加乙烯處理

(一)長時間外加乙烯處理對花朵品質之影響

花朵插於去離子水中，經15℃或7℃貯藏7日後，移入 20℃置於大壓克力箱(30×50×70cm)內，連續通入含0.1、0.5 或1.0ppm乙烯之空氣，對照組通入經過錳酸鉀乙烯吸收劑去除乙烯之空氣，其乙烯濃度低於儀器感測範圍(0.01ppm以下)。

(二)短時間外加乙烯處理對於經ACC、AOA與STS處理之花朵之品質及乙烯生成之影響

花朵經7℃或15℃冷藏10日後，以含1ppm乙烯之空氣處理12小時。ACC處理爲將花朵於出庫前1小時及出庫後以20mM ACC 溶液滴於蕊柱之孔穴中，滴用量爲塡滿蕊柱之孔穴，並於出庫後將花朵瓶插於20mM ACC溶液中。AOA處理爲將花朵於出庫前1日及出庫後以25mM AOA溶液滴於蕊柱之孔穴中，滴用量同前面所述，並於出庫後將花朵瓶插於5mM AOA溶液中。STS處理爲於冷藏前，在20℃中將花朵以0.5mM STS預措15小時。對照組花朵瓶插於去離子水或於蕊柱滴去離子水。乙烯生成之測定方法同前面所述。

八、ACC含量之測定

將蝴蝶蘭花朵之花瓣(整片，重約5g)及蕊柱(整個蕊柱不含基盤，重約0.2g)分別切離，經切片後放入試管中以5ml 80%酒精，在70℃熱水中萃取20分鐘，取澄清液，以相同步驟重複萃取一次，將二次之澄清液收集，以氮氣吹氣蒸發器，將萃取液蒸發至近乾，加蒸餾水定積至1ml成爲抽取液，保存於3℃下。依據Lizada 和 Yang[18]之方法測定抽取液中之ACC含量。

九、縮寫字：

ACC：1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid

ACO：ACC oxidase

AOA：aminooxyacetic acid

FID：flame ionization detector

NBD：2,5-norbornadiene

STS：silver thiosulfate

'TS-62'：Phal. (Kochs Schneestern x Meridian)`B79-32' x Phal. (Kochs Schneestern Meridian)`TS1'

結　果

一、花朵之乙烯生成

蝴蝶蘭花朵經7℃貯藏後於20℃中瓶插時，花朵品質之老化明顯地比在15℃貯藏者爲快(圖1A)；花朵之乙烯生成於移溫後就很快上升，比花朵老化症狀之出現要早約2日。乙烯之最高生成速率約3nl/g/hr(圖1B)。

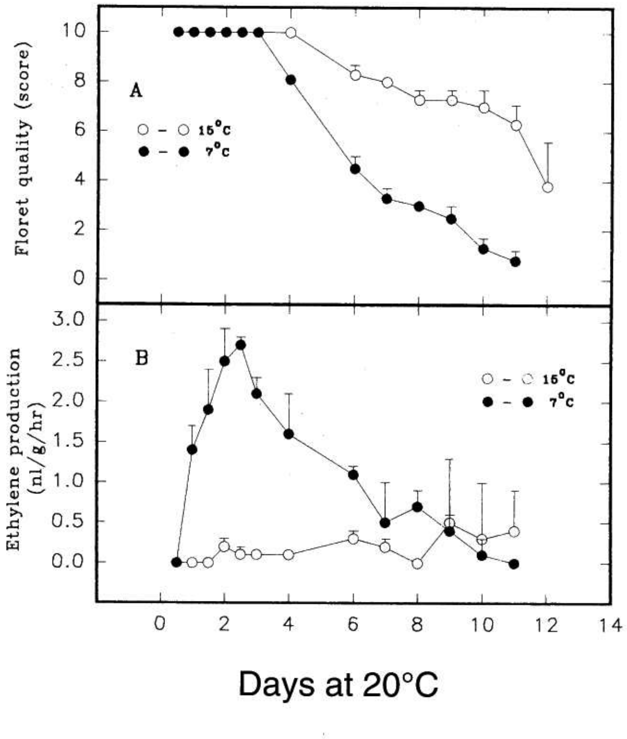

圖1. 低溫貯藏對'TS-62'蝴蝶蘭花朵在20℃中瓶插時之品質(A)及乙烯生成(B)之影響。蝴蝶蘭之小花朵分別在7℃、15℃(對照)貯藏7日後移到20℃，花朵品質評分標準如下:品質和鮮採相同者爲10分、完全老化者爲0分，於兩者之間有明顯老化症狀者爲5分。各數據代表6重複之平均值±SE。

Fig.1. Quality changes and ethylene production of 'TS-62' *Phalaenopsis* floret stored for 7 days at 7 ℃ and 15℃ then moved to 20℃. Scores for floret quality were: 10 represents fully opened floret without any senescence symptom, 0 represents floret that is completely senescence, and 5 represents floret that has visible senescence symptom and is half wilted.Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

二、乙烯生成抑制劑AOA對花朵品質及乙烯生成之影響

(一) AOA瓶插處理對花朵品質之影響

插於去離子水中之蝴蝶蘭花朵經7℃貯藏7日後，在20℃中瓶插時會快速老化，但是瓶插於1～10mM AOA之花朵，其老化速率均明顯受到抑制，瓶插品質與在15℃貯藏者相同(圖2)，以25mM及50mM AOA處理者也明顯的比未處理者(0mM)好很多，但在這種高濃度下，花朵之小花梗均受傷潰爛，使花朵於瓶插後期(10日以後)快速老化。

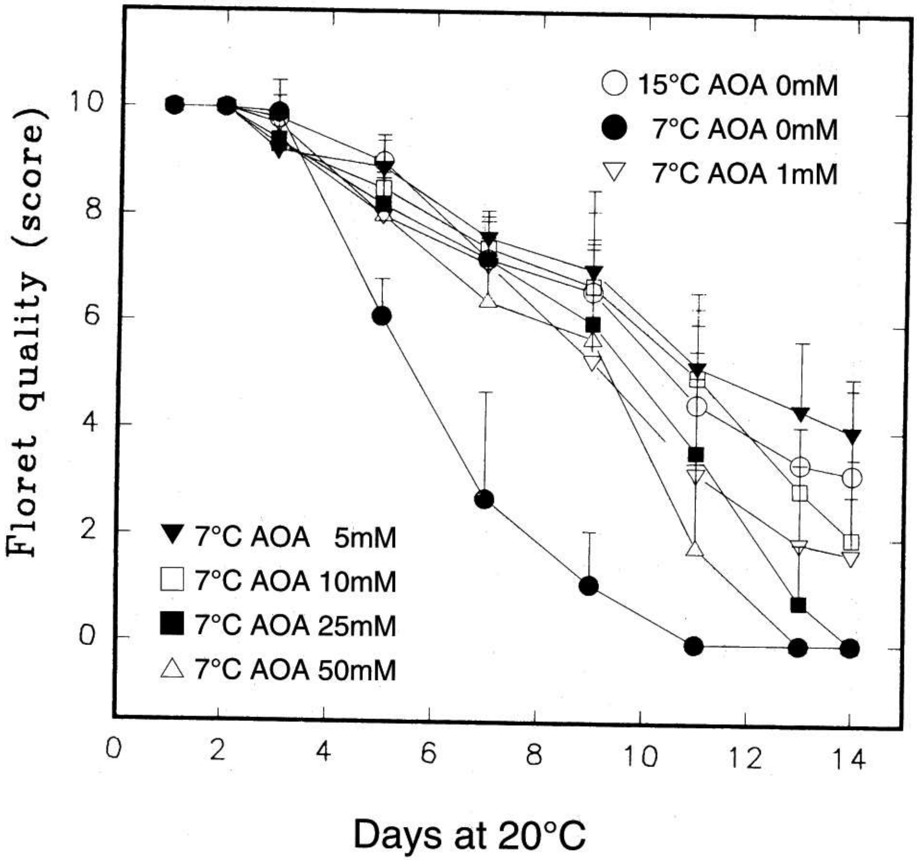

圖2. AOA處理對`TS-62' 蝴蝶蘭花朵在7℃冷藏後瓶插品質之影響。蝴蝶蘭花朵於低溫貯藏前4小時開始插於AOA溶液中，在冷藏過程(10日)及瓶插期間亦插在相同之溶液中。

Fig.2. Effect of AOA treatment on the quality of `TS-62' *Phalaenopsis* floret stored for 10 days at 7℃,then moved to 20℃.Flower pedicel was immersed in AOA solution for 4 hours then moved into low temperature. Florets were kept in the same solution throughout the storage and vase period. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

(二)花朵冷藏後於蕊柱滴AOA對花朵品質之影響

花朵於7℃貯藏10日後立即以5～50mM AOA滴於蕊柱，所有處理均能明顯地改善花朵7℃冷藏後之老化現象(圖3)，其中以25mM AOA之處理效果最好，可將花朵瓶插品質提高至與15℃處理者相同。以5mM AOA處理之效果較弱，以50mM AOA處理則會有藥害，使蕊柱及小花梗均受傷而發生潰爛，於瓶插後期快速老化。25mM AOA亦會使蕊柱有輕微之傷害。

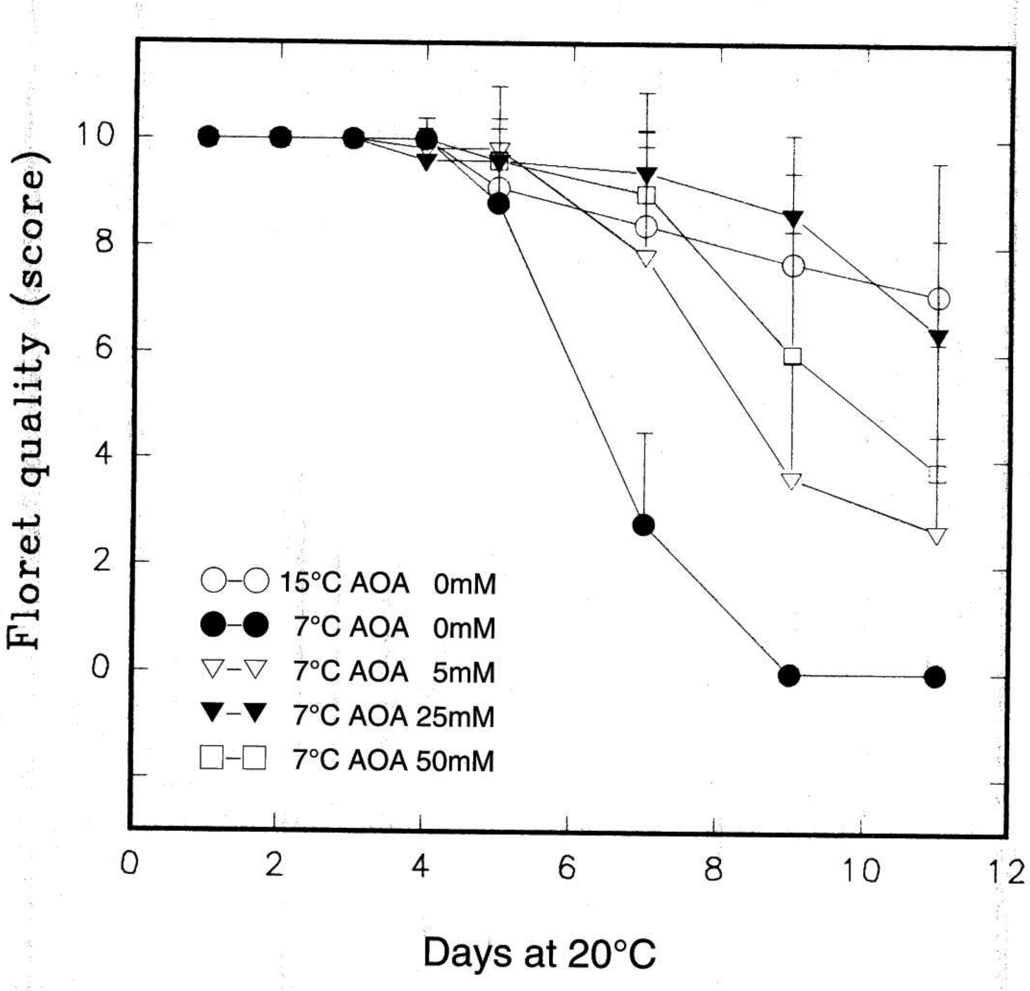

圖3. AOA滴於蕊柱處理對經7℃冷藏10日後之`TS-62’蝴蝶蘭花朵瓶插品質之影響。花朵於出庫時立即以AOA液滴於蕊柱上柱頭之孔穴，7小時後再處理一次，瓶插次日再處理2次。

Fig.3. Effect of AOA dripping treatment on the quality of `TS-62’ *Phalaenopsis* floret after stored at 7℃ for 10 days. AOA was dripped into the stigma cavity of column immediately after storage. The same treatment was repeated 7 hours later the same day, and repeated twice the second day. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

(三)花朵冷藏後於蕊柱滴AOA對乙烯生成之影響

花朵於7℃貯藏10日後，在20℃中瓶插時會快速老化，以25mM AOA滴於蕊柱之處理能有效地防止花朵老化 (圖4A)，在7天之觀察期中，其瓶插品質雖然無法與15℃以水處理之對照組一樣，但是與15℃以AOA處理者相同。15℃中以AOA處理之花朵略有受傷，品質比對照組差一些。

經7℃貯藏後之花朵於20℃瓶插時會有很明顯地乙烯生成，而在15℃貯藏者則幾乎沒有乙烯的生成(圖4B)，經7℃冷藏者之標準偏差較大是因爲個別花朵乙烯高峰出現的時間不同之故。經AOA滴於蕊柱處理可使7℃處理者之乙烯生成下降到和15℃處理者相同，效果甚爲明顯。

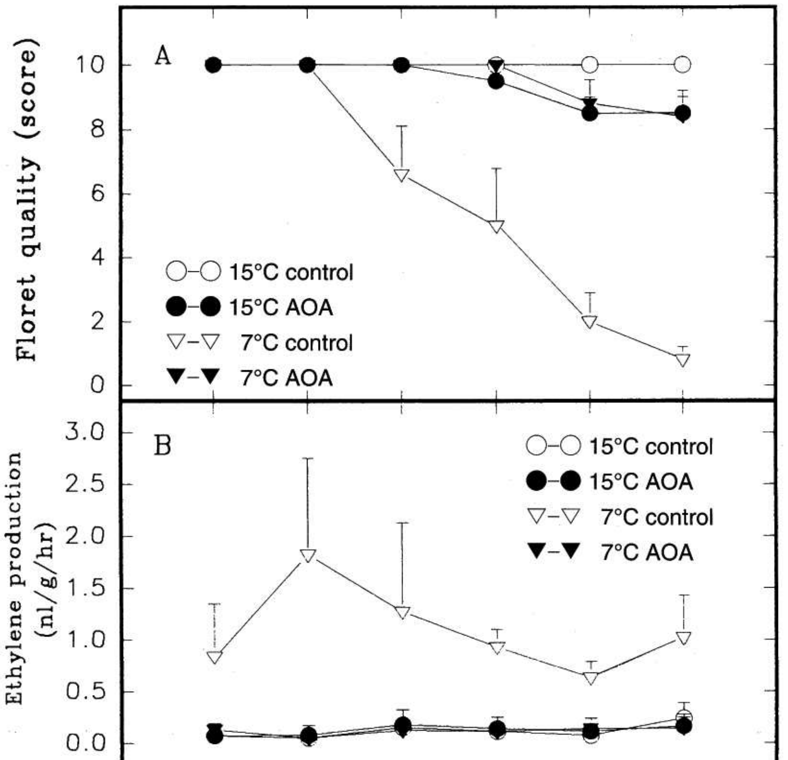

圖4. AOA滴於蕊柱處理對低溫貯藏10日後之`TS-62’蝴蝶蘭花朵瓶插品質(A)及乙烯生成(B)之影響。花朵於出庫時立即以25mM AOA溶液滴於蕊柱上柱頭之孔穴，7小時後再處理一次，瓶插次日再處理2次。

Fig.4. Effect of AOA dripping treatment on the floret quality (A) and ethylene production (B) of `TS-62’ Phalaenopsis floretafter stored for 10 days at 7℃ and 15℃. 25mM AOA was dripped into the stigma cavity of column immediately after storage. The same treatment was repeated 7 hours later the same day, and repeated twice the second day.
Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

三、以低壓環境去除乙烯對花朵品質之影響

將經7℃冷藏10日之花朵放在0.2大氣壓之環境下進行瓶插，花朵品質比放在正常氣壓下者明顯地改善(圖5)，雖然比經15℃貯藏並放在正常氣壓下者之表現略差一些，但是與經15℃之低壓中瓶插者相近。重複試驗之結果亦相似，此一結果顯示降低貯藏環境之大氣壓力，可以使經低溫貯藏之蝴蝶蘭花朵恢復正常之開花品質。

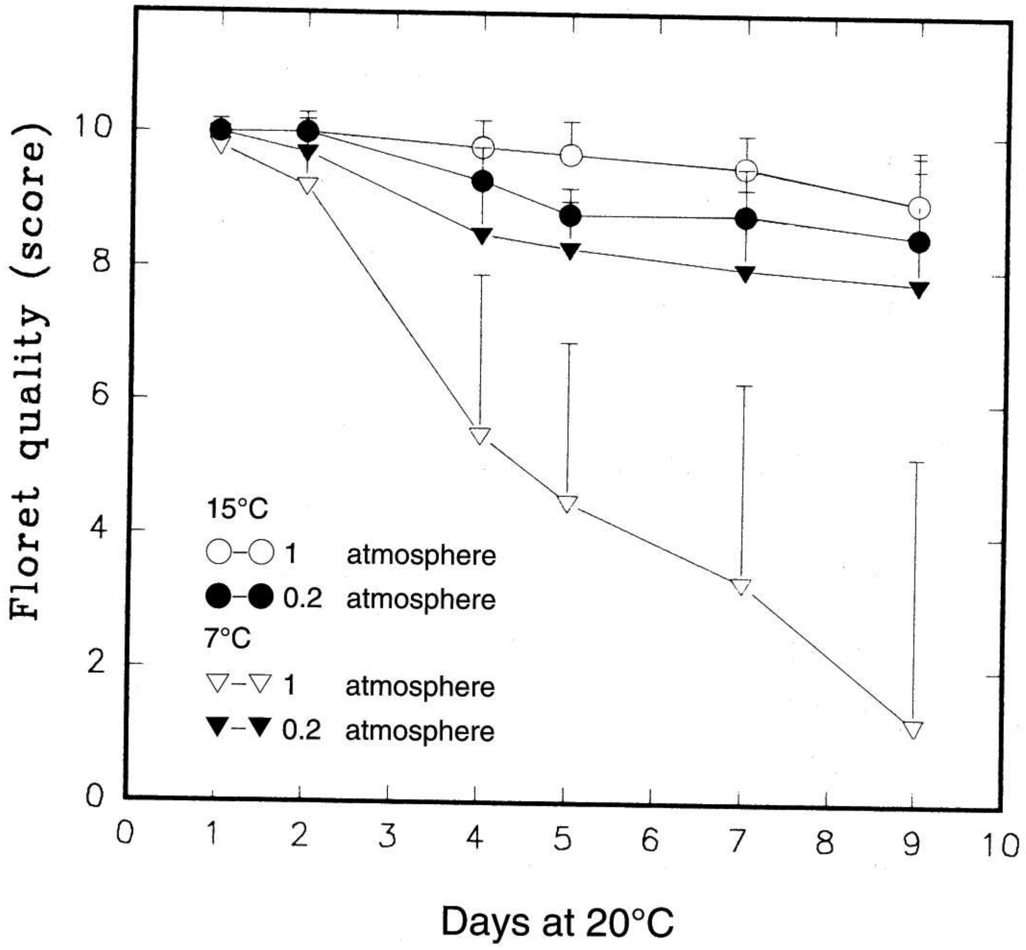

圖5. 低壓環境對經低溫貯藏10日後之`TS-62' 蝴蝶蘭花朵瓶插品質之影響。

Fig.5. Effect of low pressure environment on quality of `TS-62' *Phalaenopsis* floret after stored for 10 days at 7℃. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

四、乙烯作用抑制劑NBD與STS處理對花朵品質之影響

經7℃貯藏10日後之花朵，放入含500ppm NBD之缸中，其瓶插品質之表現完全與15℃貯藏者相似(圖6)，也就是說，原本快速老化的現象完全被NBD所抑制。同樣的，切花先經1mM STS預措再於7℃冷藏後取出瓶插，雖然其品質比15℃處理者略差一些，但與完全沒有處理的對照組相比，也有明顯的效果(圖6)。此外，花朵先以STS預措再經7℃冷藏取出後以1ppm外加乙烯處理12小時，花朵仍能維持與在15℃中貯藏者相近之瓶插品質(圖8E) ，因此，這些結果也顯示了STS也可抑制由低溫所引起的老化現象。

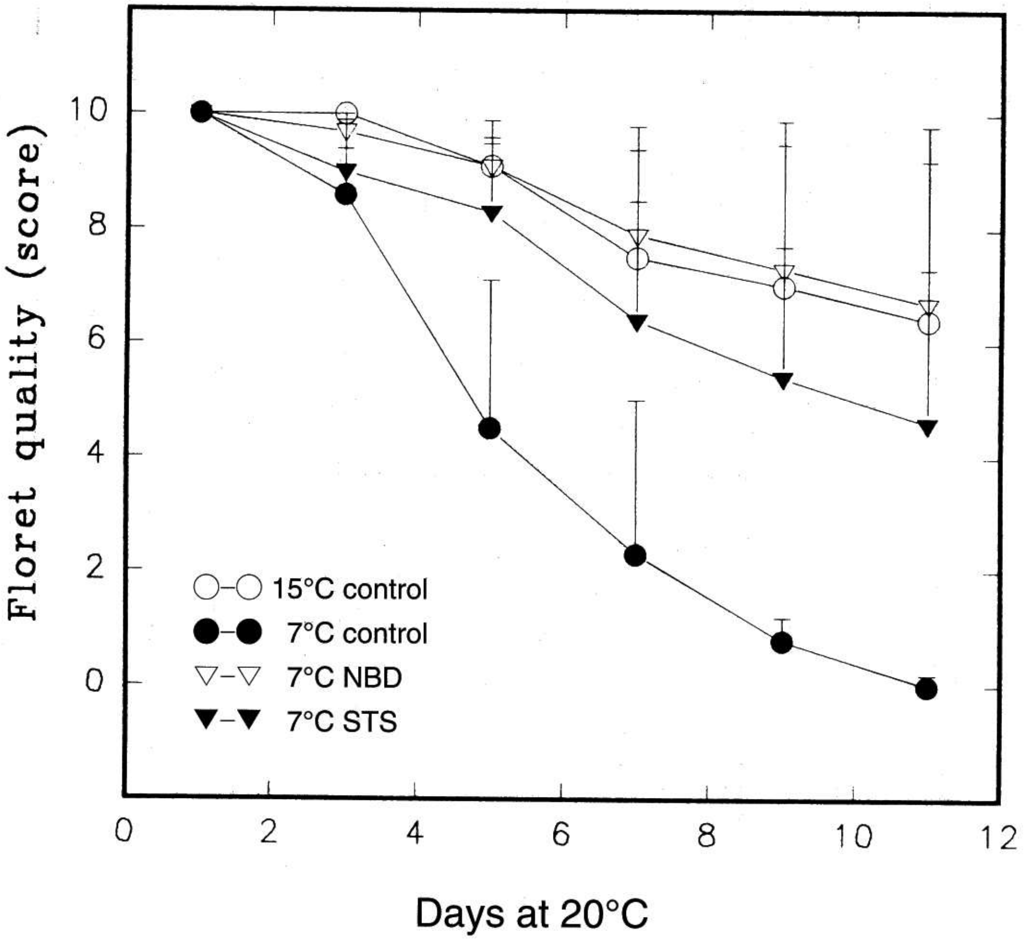

圖6. 2.5正莰二烯(NBD) 與 硫代硫酸銀(STS)對經低溫貯藏10日後之`TS-62' 蝴蝶蘭花朵瓶插品質之影響。

Fig.6. Effect of NBD and STS on quality of `TS-62' *Phalaenopsis* floret after stored for 10 days at 7℃ and 15℃. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

五、外加乙烯處理之影響

(一) 長時間外加乙烯處理對花朵品質之影響

經15℃貯藏10日之花朵移溫後瓶插於空氣中，在觀察期間花朵品質均維持在8分以上表現正常。但是當瓶插的大氣中含有微量乙烯時，花朵就會快速老化。花朵在0.1ppm乙烯中5天後就降到5分，在0.5及1.0ppm 乙烯下老化速率更快，約3-4天後即降到5分(如圖7A)，因此乙烯作用的飽和點約爲0.5 ppm。經7℃貯藏10日的花朵，在沒有乙烯的環境中，會快速老化，約在4-5天降到5分，若在瓶插環境中加入乙烯，並不會加速其老化，其老化速率與在空氣中者相似(圖7B)。另一方面，在有乙烯的環境中，經 15℃貯藏之花朵比經7℃貯藏者老化更快，在0.5ppm或1.0ppm乙烯中，15℃處理者於瓶插5日時花朵品質已降至2分，而7℃處理者仍在4分以上。

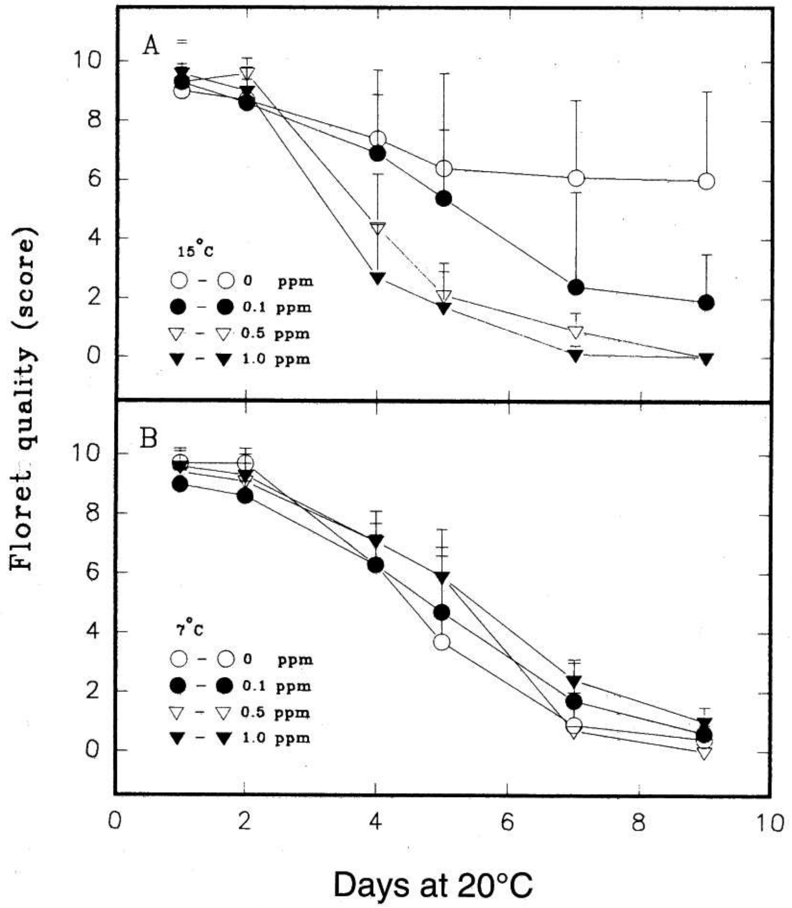

圖7. 外加乙烯對經低溫貯藏10後之`TS-62' 蝴蝶蘭花朵瓶插品質之影響。(A)15℃及(B)7℃。

Fig.7. Effect of exogenous ethylene on quality of `TS-62' *Phalaenopsis* floret after stored at 15℃(A) or 7℃(B) for 10 days. Florets were treated with ethylene throughout the vase period. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

(二)短時間外加乙烯處理對於經ACC、AOA與STS處理之花朵之品質及乙烯生成之影響

蝴蝶蘭花朵在15℃貯藏後，在室溫中以1ppm乙烯處理12小時，就會使花瓣快速老化(圖8AB)；但是對於經過7℃貯藏之花朵，相同的外加乙烯處理並不會改變其花瓣之老化速率，其老化速率大約與未加乙烯者相同(圖8AB)。花朵貯藏後以外加ACC處理，亦會使經15℃貯藏之花朵快速老化，但對於7℃貯藏之花朵，同樣的沒有明顯加速其老化之作用(圖8C)，因此外加ACC之效果與外加乙烯之效果相似。另一方面，用AOA及STS處理花朵可以消減15℃貯藏之花朵因短時間外加乙烯處理而出現之早謝現象 (圖8B、8D、8E)，用AOA及STS處理對於經7℃貯藏並以乙烯處理之花朵，同樣能有效地減緩其老化速度(圖8B、8D、8E)。

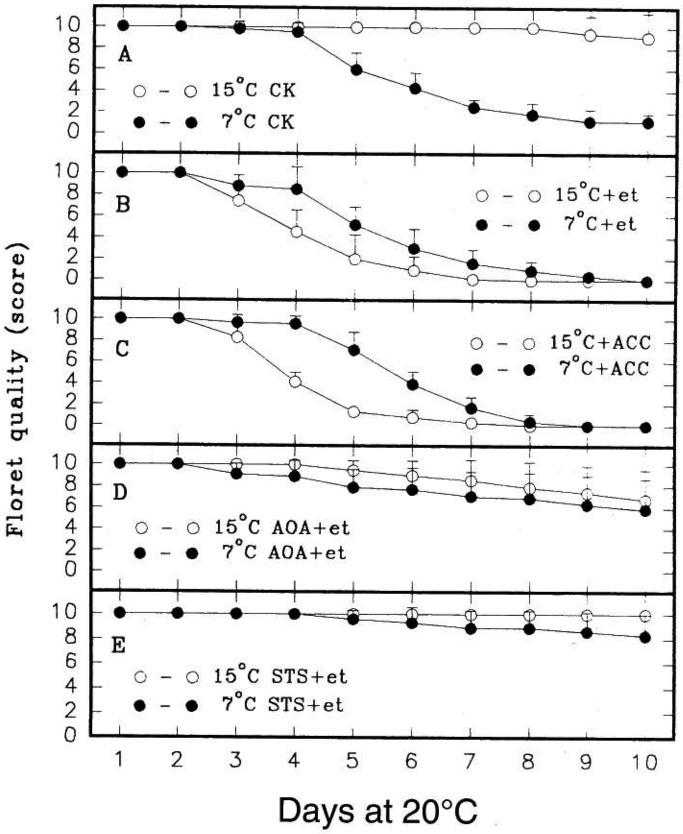

圖8. ACC、AOA以及STS處理對經7℃或15℃貯藏10日加上短時間乙烯處理後之`TS-62’蝴蝶蘭花朵瓶插品質響。
+et：花朵於貯藏後在室溫(24℃)下以1ppm乙烯處理12小時。
+ACC,AOA及STS之處理方法參見材料與方法七(二)。

Fig.8. Effect of ACC、AOA and STS treatment on quality of `TS-62’ *Phalaenopsis* floret after stored for 10 days at 7℃ or 15℃ and a short time ethylene treatment.
+et：floret was treated with 1ppm ethylene at 24℃ for 12 hours upon removal from storage. The treatments of ACC, AOA and STS were described in the text. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

經15℃貯藏之蝴蝶蘭花朵在室溫瓶插時並不會產生乙烯(圖9A)，但是在貯藏後以短時間外加乙烯處理會其產生高量的乙烯(可達15 nl/g/hr)(圖9B)，而7℃貯藏者在經過外加乙烯處理後，產生之乙烯最高只有3 nl/g/hr(圖9B)，和未加乙烯處理者相同(圖9A)。AOA及STS處理均會使經15℃貯藏並以外加乙烯處理之花朵之乙烯生成幾乎完全被抑制，對於經7℃貯藏並以乙烯處理之花朵，同樣有抑制其乙烯生成之作用(圖9D、9E)。因此外加乙烯處理似乎具有催化花朵乙烯主動生成之效果，但此一效果在經7℃貯藏過之花朵中受到相當程度之抑制，而AOA及STS則可以使其幾乎完全被抑制。

外加ACC處理會使經15℃貯藏之花朵很快地產生極高量之乙烯(40～80 nl/g/hr)在瓶插第3天達到最高點，之後花朵開始快速老化(圖8C)。對於經7℃貯藏之花朵，也會促使其產生高量的乙烯20～60 nl/g/hr(圖9C)，在瓶插第4天達到最高點，之後花朵也才開始老化，其開始老化之時間以及老化的速率與經7℃貯藏未加ACC處理者相似(圖8AC)。

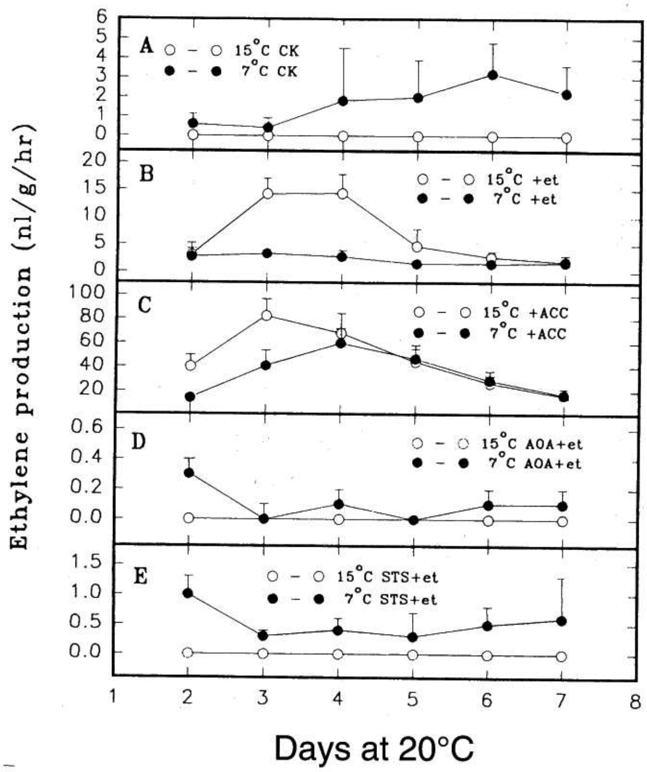

圖9. ACC、AOA以及STS處理對經7℃或15℃貯藏10日加上短時間乙烯處理後之‘TS-62’蝴蝶蘭花朵瓶插時乙烯生成之影響。

+et：花朵於貯藏後在室溫(24℃)下以1ppm乙烯處理12小時。

+ACC,AOA及STS之處理方法參見材料與方法七(二)。

Fig.9. Effect ACC、AOA and STS treatment on ethylene production of ‘TS-62’ *Phalaenopsis* floret after stored for 10 days at 7℃ or 15℃ and a short time ethylene treatment.

+et：floret was treated with 1ppm ethylene at 24℃ for 12 hours upon removal from storage. The treatments of ACC, AOA and STS were described in the text. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

六、低溫處理以及外加乙烯對花朵中ACC含量之影響

經低溫貯藏9日之花朵在貯藏後立即測定花瓣與蕊柱中之ACC含量，結果以7℃貯藏者，不論在花瓣或蕊柱中，都比15℃貯藏者為高(表一)。尤其以經7℃貯藏花朵之蕊柱中之含量特別高，是經15℃貯藏花朵中之7倍。花朵在貯藏後於室溫中以10ppm乙烯處理2日，7℃貯藏之花朵中之ACC含量沒有明顯的提高，花瓣與蕊柱分別上升了3.5及1.5倍。而15℃貯藏者之ACC含量則有顯著的上升，花瓣與蕊柱分別上升了7倍及30倍(表一)。

表 1. 低溫貯藏及貯後乙烯處理對`TS-62’蝴蝶蘭花朵不同部位之ACC含量之影響。蝴蝶蘭花朵分別在15℃及7℃貯藏9日後取出，乙烯處理為在貯藏後在20℃中用10ppm乙烯處理2日

Table1. Effect of low temperature storage and post-storage ethylene treatment on ACC content of different flower parts of `TS-62’ *Phalaenopsis* floret . Floret were stored at 15℃ or 7℃ for 9days then treated with 10ppm ethylene at 20℃ for 2days

Storage temp.	Flower parts[z]	ACC content (n mole/g FW)y	
		After storage	After ethylene treatment
15℃	pet	0.07±0.06	0.50±0.37
15℃	clm	0.31±0.29	9.82±4.10
7℃	pet	0.19±0.20	0.68±0.22
7℃	clm	2.23±1.66	3.39±1.14

[z]clm : column蕊柱，pet : petal花瓣

[Y]Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

討　　論

本研究之目的為探討蝴蝶蘭花朵在低溫處理後所產生之乙烯是否為造成其寒害早謝之重要因子。在本試驗中分別進行了以下之各項問題之探討：1.低溫處理是否會造成花朵之早謝及乙烯之生成? 2.去除乙烯，包括使用乙烯生成抑制劑AOA處理以抑制乙烯生成，或是以低壓環境來抽去花朵內生成之乙烯，是否能消減花朵之早謝現象? 3.抑制乙烯之作用，即以乙烯作用抑制劑(STS及NBD)處理，是否會改善花朵早謝之現象? 4.外加乙烯是否會促使花朵早謝? 以及 5.外加乙烯處理加上ACC、AOA、STS等處理，對於經低溫貯藏花朵老化及乙烯生成有何影響?

由較早之報告證實蝴蝶蘭花朵經7℃貯藏7日或10日即會產生明確的寒害(6)，在本研究中同樣的證實7℃處理會使蝴蝶蘭花朵早謝並促使花朵有明顯之乙烯生成(圖1)。

以乙烯生成抑制劑AOA供7℃處理之蝴蝶蘭花朵吸收，可以有效地改善冷藏後花朵早謝之現象(圖2)，以AOA滴於花朵之蕊柱亦有很好的效果，並且明顯地降低乙烯之生成(圖3、圖4)。將花朵置於低壓環境來去除花朵內之乙烯同樣的可以消減花朵早謝之現象(圖5)，如此之結果表示抑制乙烯生成或去除花朵中之乙烯可以改善蝴蝶蘭花朵寒害早謝之症狀。

以乙烯作用抑制劑STS在花朵冷藏前做預措處理以及用NBD在冷藏後處理亦能有效地減緩冷藏後花朵之老化速率(圖6)。綜合這些結果，顯示乙烯和蝴蝶蘭花朵寒害之快速老化可能有很大的關係。

外加乙烯處理會使15℃貯藏之蝴蝶蘭花朵(正常花朵)快速老化，對7℃貯藏者卻無明顯之作用(圖7、8B)。外加乙烯促使15℃貯藏花朵老化之作用，會因AOA及STS處理而消滅(圖8B、8D、8E)。由於STS具有抑制乙烯之作用(26)，因此會降低花朵對乙烯之敏感性；而AOA則是一種乙烯之生成之抑制劑(31)，因此能抑制蝴蝶蘭花朵之乙烯之生成，即使在外加乙烯處理下，花朵亦無法產生乙烯(圖

9D)。這些結果顯示，外加乙烯促使花朵老化之作用可能需要花朵自行生成高量的乙烯，以及花朵需要對乙烯具有高度的敏感性兩個條件，因此即使用外加乙烯處理對於經AOA或STS處理之正常花朵均不會加速老化。

經7℃貯藏之蝴蝶蘭花朵對於短時間外加乙烯之反應不顯著，可能的原因是低溫同使使得花朵自行生成乙烯的能力降低以及使得花瓣對乙烯之反應減少之緣故。試驗之結果中，以短時間外加乙烯處理可使15℃貯藏者產生高量之乙烯(可達15nl/g/hr)(圖9B)，但對於7℃貯藏者，乙烯之產生沒有促進的作用，只有3nl/g/hr(圖9B)，和7℃貯藏未加乙烯處理者相同(圖4)，此一結果說明受到寒害之花朵在外加乙烯處理下無法被誘發產生更多之乙烯。另一方面，7℃貯藏之花朵於外加ACC處理後，花朵會產生高量之乙烯20～60nl/g/hr(圖9C)，但花朵之老化仍沒有像15℃貯藏者在ACC處理後之快速，而和未加ACC之7℃貯藏者類似(圖8A、8C)，此一結果顯示受到寒害之花朵對於乙烯之敏感性有顯著地降低。因此，外加乙烯對於7℃貯藏之蝴蝶蘭花朵並沒有促進老化之作用，這種受到寒害之花朵之老化行爲可能只會受到它本身產生之微量乙烯所影響。

由前述幾項結果可以歸納出以下的結論，就是蝴蝶蘭花朵因寒害所產生之乙烯和花朵因寒害所發生之早謝有密切之關係。這項結論和以往植物寒害生理的研究結果不同，在胡瓜幼苗中，其寒害不受AOA處理所減輕[28]，在菜豆中，植株以STS或NBD處理亦不會減輕其寒害症狀[25]，因此乙烯一直被認爲和寒害症狀的發生或嚴重性無關[12]。本研究之所以會有不同之結論，可能在於作物受到寒害的程度不同。胡瓜幼苗以5℃低溫處理2日後，植株會受到嚴重的寒害(最高5級之第4級)[28]，菜豆之試驗雖未說明植株之寒害程度，但是以5℃處理10日，其傷害應該也很嚴重，因此作物可能已經失去對外加藥劑處理之反應能力。本研究室較早之報告曾指出蝴蝶蘭切花在11℃貯藏會使花苞受傷，以STS或STS配合糖處理可以顯著地改善其症狀；在5℃貯藏則受傷嚴重，以STS處理並無任何效果[5]，因此表示藥劑處理之有效性與寒害嚴重程度有很大之關係。在本試驗中，花朵經7℃貯藏後出庫時，外觀尚無寒害症狀(品質仍在10分)，在移溫後花朵才會出現早謝，因此是屬於程度較輕的寒害，細胞對於外加的各種處理都會有一些反應。因此本試驗之結論只是認爲蝴蝶蘭花朵在受到中等程度寒害時之早謝症狀與花朵所產生之乙烯有密切之關係，當花朵在更低溫度或更長時間下發生嚴重寒害時，乙烯之角色已不如細胞內部其他生理代謝或胞器構造所受到之創傷來得重要，因此抑制乙烯之生成或作用就沒有什麼效果。

康乃馨經0℃冷藏，於室溫瓶插時會有乙烯生成，且瓶插壽命縮短[21]，玫瑰花(CR. Mercedes)經過冷藏(3℃10日或17日)，移溫後乙烯生成會被促進，瓶插壽命也縮短[11]。在冷藏前以STS預措可以部分改善其瓶插時之表現，因此，乙烯也曾被推測是造成此等花朵瓶插壽命降低之因素之一[20]。但是有進一步的研究指出STS對於細胞膜之完整性有安定作用[19]，有助於玫瑰花朵對低溫之忍受性，因此無法確定STS之效果是因爲抑制乙烯之作用或是因爲對膜之保護所導致[11]。本試驗中，花朵在冷藏前做STS預措，因此STS在冷藏後在表現出來之效果不能排除對膜的保護有參與其作用。同樣的，也有報告指出AOA對細胞膜有維持穩定之作用[19]，因此也應考慮其參與防止花朵老化之可能性。不過，本試驗中使用了多項與乙烯有關之處理包括AOA、低壓環境以及NBD，而且都是在冷藏之後進行處理，其結果除了有減緩老化之效果外，對於抑制乙烯生成或作用的效果也很明顯，因此可說明乙烯在蝴蝶蘭花朵寒害早謝現象中，確實是具有重要之角色。

7℃貯藏之蝴蝶蘭花朵能夠產生一些乙烯(3 nl/g/hr)，但在外加ACC處理後可使其乙烯生成速率大增(20～60 nl/g/hr)(圖9A、9C)，表示受到寒害後蝴蝶蘭花朵中之ACC氧化酵素(ACC Oxidase)ACO之活性仍然很高，未受到低溫的破壞。有不少報告指出植物在受到嚴重寒害之後不能產生乙烯，是因爲

ACO活性降低所致。如不耐冷的菜豆品種，在冷藏後產生較少的乙烯，但累積較高量的ACC(13)；胡瓜在低溫中冷藏時間加長，乙烯生成量會降低而ACC含量則升高[30]；酪梨在冷藏後無法產生乙烯與後熟[10]等，這些情況均被解釋爲低溫使ACO受損之故[30]。本試驗以蝴蝶蘭花朵爲材料，所用之低溫處理條件比較溫和，因此未造成ACO之損傷。綜合而言，本試驗之結果顯示低溫會促進乙烯前驅物ACC之合成(表一)，此ACC在移溫後受到ACO的作用，造成花朵有明顯的乙烯生成，進而促使花朵老化。另一方面，未受到寒害的花朵，在給於乙烯處理後會生成大量的ACC，進而轉變爲乙烯，同樣造成花朵的快速老化。後者很明顯地是受到乙烯自動催化作用機制的影響，但受到寒害的花朵則並未表現出乙烯自動催化的行爲(圖9B)。因此二者雖然都表現出乙烯促進花朵老化之結果，但卻是由不同的調控機制造成各自的乙烯生成。

引用文獻

1. 李　哖。1988。蝴蝶蘭之生長與開花生理。蘭花生產改進研討會專集。21-32頁。台東區農業改良場編印。
2. 林雨森。1988。蝴蝶蘭切花採收後生理與老化。國立台灣大學園藝研究所碩士論文。170頁
3. 黃肇家。1995。蝴蝶蘭切花低溫生理障礙之研究。國立台灣大學園藝研究所博士論文。110頁
4. 黃肇家、林學正、王怡玎。1988。改善蝴蝶蘭切花採收後品質之研究。蘭花生產改進研討會專集。33-40頁。台東區農業改良場編印。
5. 黃肇家、陳雪姿、王自存。1995。貯藏溫度與藥劑處理對蝴蝶蘭切花品質之影響。中華農業研究 44：439-455。
6. 黃肇家、潘美惠、王自存。1997。蝴蝶蘭花朵寒害後不同部位之老化、乙烯生成及電解質滲漏。中華農業研究 46：167-180。
7. Borochov, A. and W. R. Woodson, 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. Hort. Rev. 11:16-43.
8. Buescher, R. W. 1977. Hardcore in sweet potato roots as influenced by cultivar, curing, and ethylene. HortScience 12:326-327.
9. Chaplin, G. R., R. B. H. Wills, and D. Graham, 1983. Induction of chilling injury in stored avocados with exogenous ethylene. HortScience 18:952-953.
10. Eaks, I. L. 1983. Effects of chilling on respiration and ethylene production of ‘Hass’ avocado fruit at 20℃. HortScience 18:235-237.
11. Faragher, T. D., E. Wachtel, And S. Mayak, 1987. Changes in the physical state of membrane lipids during senescence of rose petals. Plant Physiol. 83:1037-1042.
12. Field, R. J. 1990. Influence of chilling stress on ethylene production. pp.235-253. In: Wang, C. Y. (ed). Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Inc. Florida.
13. Guye, M. G., L. Vigh, and J. M. Wilson, 1987. Chilling-induced ethylene production in relation to chill-sensitivity in *Phaselous* spp. J. Expt. Bot. 38:680-690.
14. Halevy, A. H. and S. Mayak, 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers-Part 2. Hort. Rev. 3:59-143.
15. Kader, A. A. and L. L. Morris, 1975. Amelioration of chilling injury symptoms on tomato fruits. HortScience. 10:324-327.
16. Lee, S. K. and R. E. Young, 1984. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to C2H4 treatment. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:689-692.
17. Lipton, W. J., Y. Aharoni, and E. Elliston, 1979. Rates of CO2 and ethylene production and of ripening of `Honey Dew' muskmelons at a chilling temperature after pretreatment with ethylene. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:846-849.
18. Lizada, M. C. C., and S. F. Yang. 1979. A simple and sensitive assay for 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Anal. Biochem. 100:140-145.
19. Mayak, S., A. Borochov, and T. Tirosh, 1985. Transient water stress in carnation flowers : effect of amino-oxyacetic acid. J. Expt. Bot. 36:800-806.
20. Mayak, S. and J. D. Faragher, 1986. Storage environment related stresses and flowers senescence. Acta Hort. 181:33-43.
21. Paulin, A., F. Kerhardy, and B. Maestri, 1985. Effect of drought and prolonged refrigeration on senescence in cut carnation (*Dianthus caryophyllus*). Physiol. Plant. 64:535-540.

22. Reid, M. S. 1989. The role of ethylene in flower senescence. Acta Hort. 261:157-169.

23. Reid, M. S. 1992. Ethylene in postharvest technology. pp.97-108. In: Kader, A. A. (ed). Postharvest technology of horticultural crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.

24. Saltveit, M. E. and L. L. Morris, 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. pp. 1~15. In: C. Y. Wang (ed). Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Inc. Florida.

25. Tong, C. B. S., and S. F. Yang, 1987. Chilling-induced ethylene production by beans and peas. J. Plant Growth Regul. 6:201-208.

26. Veen, H., and S. C. Geijn, 1978. Mobility and ionic form of silver as related to longevity of cut carnations. Planta 140:93- 96.

27. Wang, C. Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience 17:173-186.

28. Wang, C. Y. 1987. Changes of polyamines and ethylene in cucumber seedlings in response to chilling stress. Physiol. Plant. 69:253-257.

29. Wang, C. Y. 1990. Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Inc. Florida. 313pp.

30. Wang, C. Y., and D. O. Adams, 1982. Chilling-induced ethylene production in cucumbers (*Cucumis sativus* L.). Plant Physiol. 69:424-427.

31. Yang, S. F. 1980. Regulation of ethylene biosyntheses. HortScience 15:238-243.

Role of Ethylene in the Early Senescence of Chilling Injured *Phalaenopsis* Floret[1]

Chao-Chia Huang,[2] Tsu-Tsuen Wang[3] and Hui-Sui Huang[4]

Summary

Phalaenopsis florets after had been stored at 7℃ for 7 or 10 days exhibited early senescence as a symptom of chilling injury. Noticeable amount of ethylene production were observed ahead the onset of floret senescence. The role of ethylene in the chilling-induced early senescence of *Phalaenopsis* floret was studied.

Dripping aminooxy acetic acid (AOA) into the cavity of column right after cold storage inhibited ethylene production and retarded the early senescence. Holding florets under 0.2 atmosphere pressure after cold storage also delayed senescence. Both pulsing cut flower with silver thiosulfate(STS) before cold storage, and treating florets with 2,5-norbornadiene(NBD) after cold storage were effective in slowing down the senescence rate of these florets. These data indicated that ethylene might play an important role in the early senescence of chilling injured *Phalaenopsis* floret.

Short time exposure of exogenous ethylene induced rapid senescence in non-chilled *Phalaenopsis* florets, but didn' t affect the senescence rate of chilled florets. Ethylene treatment also induced high amount of ethylene production in non-chilled florets but had very little effect on the ethylene production rate of chilled floret. The ACC content in the column of non-chilled floret was unchanged after storage but increased 30 fold after 2 days of ethylene treatment. The ACC content in the column of chilled floret increased 7 fold after cold storage but increased only 1.5 fold after ethylene treatment. High levels of ethylene production were observed in both non-chilled and chilled florets upon feeding with ACC, indicating the intactness of ACC oxidase(ACO) in both systems. Pulsing cut flowers with STS before cold storage, or dripping AOA onto floret column after cold storage, effectively inhibited ethylene production and rapid senescence in those ethylene-treated non-chilled florets as well as in those chilled florets. It was suggested that these two ethylene-related senescence processes were regulated through two different ethylene biosynthesis systems. In non-chilled florets, both ethylene sensing and ethylene induced autocatalytic ethylene production were required for the ethylene-induced senescence. But in chilled florets, chilling induced endogenous ethylene synthesis was responsible for floret senescence and the ethylene sensing and the autocatalytic ethylene production system were damaged after chilling treatment.

key words：*Phalaenopsis*, Cut flower, Senescence, Chilling injury, Ethylene.

---

1. Contribution No. 1994 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. This paper is a part of the doctor thesis of senior author. This study was supported in part by grants from Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
2. Associate Researcher TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University
4. Project Assistant TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.